



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 26 254 A 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
H 01 L 33/00

21 Aktenzeichen: 100 26 254.6  
22 Anmeldetag: 26. 5. 2000  
43 Offenlegungstag: 8. 11. 2001

DE 100 26 254 A 1

66 Innere Priorität:  
200 09 283. 9 26. 04. 2000

71 Anmelder:  
OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,  
93049 Regensburg, DE

74 Vertreter:  
Epping, Hermann & Fischer, 80339 München

72 Erfinder:  
Mundbrod-Vangerow, Manfred, 93049 Regensburg,  
DE; Hahn, Berthold, Dr., 93155 Hemau, DE; Jacob,  
Ulrich, Dr., 93053 Regensburg, DE; Lugauer, Hans  
Jürgen, Dr., 93173 Wenzelbach, DE

56 Entgegenhaltungen:

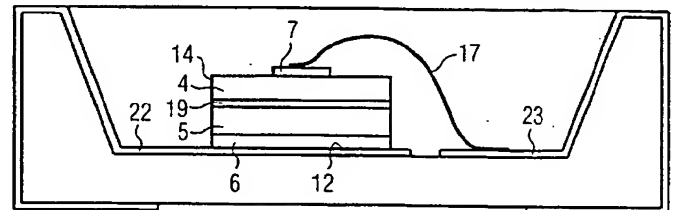
DE 199 21 987 A1  
DE 100 00 088 A1  
US 42 32 440  
JP 11-220 171 A (abstract), JPO, 1999;  
JP 10-150 220 A (abstract), JPO, 1998;  
JP 11-74 558 A (abstract), JPO, 1999;  
J.-L. Lee et al.: Ohmic contact formation mecha-  
nism of nonalloyed Pd contacts to p-type GaN  
observed by positron annihilation spectroscopy.  
In: Appl. Phys. Lett., ISSN 0003-6951, Vol. 74,  
No. 16, 1999, S. 2289-2291.;  
JP 11-251 634 A (abstract), JPO, 1999;  
T. Margalith et al.: Indium tin oxide contacts to  
gallium nitride optoelectronic devices. In: Appl.  
Phys. Lett., ISSN 0003-6951, Vol. 74, No. 26, 1999  
S. 3930-3932.;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Lumineszenzdiodenchip mit einer auf GaN basierenden strahlungsemitternden Epitaxieschichtenfolge

57 Lumineszenzdiodenchip (1) mit einer auf GaN basie-  
renden strahlungsemitternden Epitaxieschichtenfolge  
(3), die eine aktive Zone (19), eine n-dotierte (4) und eine  
p-dotierte Schicht (4) aufweist. Die p-dotierte Schicht (5)  
ist auf der von der aktiven Zone (19) abgewandten Haupt-  
fläche (9) mit einer auf Ag basierenden reflektierenden  
Kontaktmetallisierung (6) versehen.



DE 100 26 254 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Lumineszenzdiodenchip nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und auf ein Lumineszenzdiodenbauelement mit einem derartigen Lumineszenzdiodenchip.

[0002] Unter "auf GaN basierend" fallen im Folgenden insbesondere alle ternären und quaternären auf GaN basierenden Mischkristalle, wie AlN, InN, AlGaIn, InGaIn, InAlIn und AlInGaIn und auf Galliumnitrid selbst.

[0003] Bei der Herstellung von Lumineszenzdiodenchips auf der Basis von GaN besteht das grundlegende Problem, daß die maximal erzielbare elektrische Leitfähigkeit von p-dotierten Schichten, insbesondere von p-dotierten GaN- oder AlGaIn-Schichten, nicht ausreicht, um mit einer herkömmlichen Vorderseiten-Kontaktmetallisierung, die von Lumineszenzdiodenchips anderer Materialsystemen bekannt ist (eine solche überdeckt zwecks möglichst hoher Strahlungsauskopplung nur einen Bruchteil der Vorderseite), eine Stromaufweitung über den gesamten lateralen Querschnitt des Chips zu erzielen.

[0004] Ein Aufwachsen der p-leitenden Schicht auf ein elektrisch leitendes Substrat, wodurch eine Stromeinprägung über den gesamten lateralen Querschnitt der p-leitenden Schicht möglich wäre, führt zu keinem wirtschaftlich vertretbaren Ergebnis. Die Gründe hierfür lassen sich folgendermaßen darstellen. Erstens ist die Herstellung von elektrisch leitenden gitterangepaßten Substraten (z. B. GaN-Substraten) für das Aufwachsen von GaN-basierten Schichten mit hohem technischen Aufwand verbunden; zweitens führt das Aufwachsen von p-dotierten GaN-basierten Schichten auf für undotierte und n-dotierte GaN-Verbindungen geeignete nicht gitterangepaßten Substrate zu keiner für eine Lumineszenzdiode hinreichenden Kristallqualität.

[0005] Bei einem bekannten Ansatz zur Bekämpfung des oben genannten Problems wird auf die vom Substrat abgewandte Seite der p-leitenden Schicht ganzflächig eine für die Strahlung durchlässige Kontaktschicht oder eine zusätzliche elektrisch gut leitfähige Schicht zur Stromaufweitung aufgebracht, die mit einem Bondkontakt versehen ist.

[0006] Der erstgenannte Vorschlag ist jedoch mit dem Nachteil verbunden, daß ein erheblicher Teil der Strahlung in der Kontaktschicht absorbiert wird. Beim zweitgenannten Vorschlag ist ein zusätzlicher Prozessschritt erforderlich, der den Fertigungsaufwand wesentlich erhöht.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht zunächst darin, einen Lumineszenzdiodenchip der eingangs genannten Art mit einer verbesserten Stromaufweitung zu entwickeln, dessen zusätzlicher Herstellungsaufwand gering gehalten ist. Weiterhin soll ein Lumineszenzdiodenbauelement mit einem derartigen Chip zur Verfügung gestellt werden.

[0008] Die erstgenannte Aufgabe wird mit einem Lumineszenzdiodenbauelement mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 12. Die zweitgenannte Aufgabe wird durch ein Lumineszenzdiodenbauelement mit den Merkmalen des Patentanspruches 13 gelöst.

[0009] Bei einer Lumineszenzdiode gemäß der Erfindung ist die p-dotierte Schicht auf der von der aktiven Schicht abgewandten Hauptfläche mit einer auf Ag basierenden reflektierenden Kontaktmetallisierung versehen ist. Unter "auf Ag basierend" fallen alle Metalle, die zum größten Teil Ag aufweisen und deren elektrische und optische Eigenschaften wesentlich von Ag bestimmt sind. Diese Kontaktmetallisierung bewirkt vorteilhafterweise einerseits einen guten ohmschen Kontakt mit einem geringen elektrischen Übergangswiderstand zur Epitaxieschichtenfolge. Andererseits weist sie vorteilhafterweise ein hohes Reflexionsvermögen und

geringe Absorption im genannten Spektralbereich auf. Daraus ergibt sich eine hohe Rückreflexion der auf sie treffenden elektromagnetischen Strahlung in den Chip. Diese rückreflektierte Strahlung kann dann über freie Seitenflächen des Chips aus diesem ausgekoppelt werden. Die reflektierende Kontaktmetallisierung besteht bei einer bevorzugten Ausführungsform zumindest teilweise aus einer PtAg- und/oder PdAg-Legierung.

[0010] Die reflektierende Kontaktmetallisierung überdeckt vorzugsweise mehr als 50%, besonders bevorzugt 100% der von der aktiven Schicht abgewandten Hauptfläche der p-dotierten Schicht. Dadurch wird eine Stromversorgung des gesamten lateralen Querschnitts der aktiven Zone erreicht.

[0011] Um die Haftfestigkeit der reflektierenden Kontaktmetallisierung auf der p-dotierten Schicht zu fördern, ist vorzugsweise zwischen diesen beiden Schichten eine strahlungsdurchlässige Kontaktschicht vorgesehen, die beispielsweise im Wesentlichen mindestens ein Metall aus der Gruppe Pt, Pd, Cr aufweist.

[0012] Dadurch kann die reflektierende Kontaktmetallisierung auf einfache Weise sowohl hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften als auch ihrer Reflexionseigenschaften optimiert werden.

[0013] Die Dicke einer Kontaktschicht der oben genannten Art ist vorteilhafterweise kleiner oder gleich 10 nm. Die optischen Verluste in dieser Schicht können dadurch vorteilhafterweise besonders gering gehalten werden.

[0014] Besonders bevorzugt weist die Kontaktschicht eine nicht geschlossene, insbesondere inselartige und/oder netzartige Struktur auf. Hierdurch wird vorteilhafterweise erreicht, daß die auf Ag basierende reflektierende Schicht zumindest teilweise unmittelbar Kontakt mit der p-dotierten Schicht aufweist, wodurch die elektrischen und optischen Eigenschaften positiv beeinflusst werden.

[0015] Bei einer anderen vorteilhaften Ausführungsform besteht die Kontaktschicht im Wesentlichen aus Indium-Zinn-Oxid (ITO-Indium Tin Oxide) und/oder ZnO und weist vorzugsweise eine Dicke  $\geq 10$  nm auf. Mit einer solchen Kontaktschicht kann vorteilhafterweise eine sehr gute Stromaufweitung bei gleichzeitig sehr geringer Strahlungsabsorption erreicht werden. Weiterhin bevorzugt befindet sich auf der reflektierenden Schicht eine bondfähige Schicht, die insbesondere im Wesentlichen aus einer Diffusionssperre aus Ti/Pt oder Ti/WN und aus Au oder Al besteht, wodurch eine Verbesserung der Bondbarkeit der reflektierenden Kontaktmetallisierung erzielt wird.

[0016] Bei einem weiteren Lumineszenzdiodenchip gemäß der Erfindung weist der Chip ausschließlich Epitaxieschichten auf, deren Gesamtdicke zusammen kleiner oder gleich 30  $\mu$ m ist. Dazu ist ein Aufwachssubstrat nach dem epitaktischen Aufwachsen der Epitaxieschichtenfolge entfernt. Die p-dotierte Epitaxieschicht ist auf ihrer von der n-dotierten Epitaxieschicht abgewandten Hauptfläche im Wesentlichen ganzflächig mit der reflektierenden Kontaktmetallisierung versehen. Auf der von der p-dotierten Epitaxieschicht abgewandten Hauptfläche der n-dotierten Epitaxieschicht befindet sich eine n-Kontaktmetallisierung, die nur einen Teil dieser Hauptfläche bedeckt. Die Lichtauskopplung aus dem Chip erfolgt über den freien Bereich der Hauptfläche der n-leitenden Epitaxieschicht und über die Chipflanken.

[0017] Das Aufwachssubstrat kann bei dieser Art von Lumineszenzdiodenchip sowohl elektrisch isolierend als auch strahlungsundurchlässig sein und demzufolge vorteilhafterweise allein hinsichtlich optimaler Aufwuchsbedingungen ausgewählt werden.

[0018] Der besondere Vorteil eines derartigen sogenann-

ten Dünnschicht-Lumineszenzdiodenchips besteht darin, daß keine Lichtverluste in einem Substrat auftreten und eine verbesserte Strahlungsauskopplung erzielt wird.

[0019] Mit dem erfindungsgemäßen Lumineszenzdiodenchip ist der weitere Vorteil verbunden, daß die Möglichkeit besteht, die strahlungsemitierende aktive Zone, in der im Betrieb ein Großteil der in den Chip geleiteten elektrischen Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird, sehr nah an eine Wärmesenke zu bringen; die Epitaxieschichtenfolge ist praktisch unmittelbar – nur die p-dotierte Epitaxieschicht ist zwischengelagert – an eine Wärmesenke thermisch ankopplbar. Dadurch kann der Chip sehr effektiv gekühlt werden, wodurch die Stabilität der Wellenlänge der ausgesandten Strahlung erhöht ist.

[0020] Bei dem erfindungsgemäßen Lumineszenzdiodenchip ist aufgrund der ganzflächigen Kontaktierung vorteilhafterweise die Flußspannung reduziert.

[0021] Bei dem erfindungsgemäßen Lumineszenzdiodenbauelement mit einem Lumineszenzdiodenchip gemäß der Erfindung wird der Chip mit der p-Seite, das heißt mit der reflektierenden Kontaktmetallisierung auf einer Chipmontagefläche eines LED-Gehäuses, insbesondere eines elektrischen Leiterrahmens oder einer Leiterbahn des LED-Gehäuses aufliegend montiert.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Fig. 1a bis 2 beschriebenen Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

[0023] Fig. 1a eine schematische Darstellung eines Schnittes durch ein erstes Ausführungsbeispiel;

[0024] Fig. 1b eine schematische Darstellung einer bevorzugten reflektierenden Kontaktmetallisierung;

[0025] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Schnittes durch ein zweites Ausführungsbeispiel.

[0026] In den Figuren der verschiedenen Ausführungsbeispiele sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0027] Bei dem Lumineszenzdiodenchip 1 von Fig. 1a ist auf einem SiC-Substrat 2 eine strahlungsemitierende Epitaxieschichtenfolge 3 aufgebracht. Diese besteht aus einer n-leitend dotierten GaN- oder AlGaIn-Epitaxieschicht 4 und einer p-leitend dotierten GaN- oder AlGaIn-Epitaxieschicht 5. Ebenso kann beispielsweise eine auf GaN basierende Epitaxieschichtenfolge 3 mit einer Doppelheterostruktur, einer Einfach-Quantenwell(SQW)-Struktur oder einer Multi-Quantenwell(MQW)-Struktur mit einer bzw. mehreren undotierten Schicht(en) 19, beispielsweise aus InGaIn oder InGaIn, vorgesehen sein.

[0028] Das SiC-Substrat 2 ist elektrisch leitfähig und für die von einer aktiven Zone 19 der Epitaxieschichtenfolge 3 ausgesandte Strahlung durchlässig.

[0029] Auf ihrer vom SiC-Substrat 2 abgewandten p-Seite 9 ist auf die Epitaxieschichtenfolge 3 im Wesentlichen ganzflächig eine reflektierende, bondfähige auf Ag basierende Kontaktmetallisierung 6 aufgebracht. Diese besteht beispielsweise im Wesentlichen aus Ag, aus einer PtAg- und/oder einer PdAg-Legierung.

[0030] Die Kontaktmetallisierung 6 kann aber auch, wie in Fig. 1b schematisch dargestellt, ausgehend von der Epitaxieschichtenfolge 3 aus einer strahlungsdurchlässigen ersten Schicht 15 und einer reflektierenden zweiten Schicht 16 zusammengesetzt sein.

[0031] Die erste Schicht 15 besteht beispielsweise im Wesentlichen aus Pt, Pd und/oder Cr und weist eine Dicke von kleiner oder gleich 10 nm auf, um die Strahlungsabsorption gering zu halten. Sie kann alternativ aus Indium-Zinn-Oxid (ITO) und/oder ZnO bestehen. Vorzugsweise weist sie dann eine Dicke von größer oder gleich 10 nm auf, weil diese Ma-

terialien nur sehr geringe Strahlungsabsorption zeigen. Die größere Dicke ist vorteilhaft für die Stromaufweitung.

[0032] Die zweite Schicht 16 besteht beispielsweise im Wesentlichen aus Ag, aus einer PtAg- und/oder einer PdAg-Legierung.

[0033] Zur Verbesserung der Bondbarkeit wird auf die auf Ag basierende Schicht eine weitere Metallschicht 20 aufgebracht. Diese besteht beispielsweise aus Au oder Al. Als Diffusionssperre 24 zwischen der zweiten Schicht 16 und der weiteren Metallschicht 20 kann eine Schicht aus Ti/Ti oder TiWN vorgesehen sein.

[0034] An seiner von der Epitaxieschichtenfolge 3 abgewandten Hauptfläche 10 ist das SiC-Substrat 2 mit einer Kontaktmetallisierung 7 versehen, die nur einen Teil dieser Hauptfläche 10 bedeckt und als Bondpad zum Drahtbonds ausgebildet ist. Die Kontaktmetallisierung 7 besteht beispielsweise aus einer auf das SiC-Substrat 2 aufgetragenen Ni-Schicht, gefolgt von einer Au-Schicht.

[0035] Der Chip 1 ist mittels Die-Bonden mit seiner p-Seite, das heißt mit der reflektierenden Kontaktmetallisierung 6 auf eine Chipmontagefläche 12 eines elektrischen Anschlußrahmens 11 (Leadframe) eines Leuchtdioden(LED)-Gehäuses montiert. Die n-Kontaktmetallisierung 7 ist über einen Bonddraht 17 mit einem Anschlußteil 18 des Anschlußrahmens 11 verbunden.

[0036] Die Lichtauskopplung aus dem Chip 1 erfolgt über den freien Bereich der Hauptfläche 10 des SiC-Substrats 2 und über die Chipflanken 14.

[0037] Optional weist der Chip 1 ein nach dem Aufwachsen der Epitaxieschichtenfolge 3 gedünntes SiC-Substrat 2 auf, um die Dicke des Substrats 2 hinsichtlich Strahlungsabsorption und Strahlungsauskopplung zu optimieren.

[0038] Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem der Fig. 1a zum einen dadurch, daß der Chip 1 ausschließlich Epitaxieschichten, also die Epitaxieschichtenfolge 3 und keine Substratschicht aufweist. Letztere wurde nach dem Aufwachsen der Epitaxieschichten beispielsweise mittels Ätzen und/oder Schleifen entfernt. Die Chip-Höhe beträgt ca. 25 µm.

[0039] Hinsichtlich der Vorteile eines derartigen sogenannten Dünnschicht-LED-Chips wird auf den allgemeinen Teil der Beschreibung verwiesen. Zum anderen weist die Epitaxieschichtenfolge 3 eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantenwell(SQW)-Struktur oder eine Multi-Quantenwell(MQW)-Struktur mit einer bzw. mehreren undotierten Schicht(en) 19, beispielsweise aus InGaIn oder InGaIn auf.

[0040] Der Chip 1 ist mittels Die-Bonden mit seiner p-Seite, das heißt mit der reflektierenden Kontaktmetallisierung 6 auf eine Chipmontagefläche 12 einer Leiterbahn 22 eines Leuchtdioden(LED)-Gehäuses 21 montiert. Die n-Kontaktmetallisierung 7 ist über einen Bonddraht 17 mit einer weiteren Leiterbahn 23 verbunden.

[0041] Die Erläuterung der Erfindung anhand der obigen Ausführungsbeispiele ist selbstverständlich nicht als Einschränkung auf diese zu verstehen. Die Erfindung ist vielmehr insbesondere bei allen Lumineszenzdiodenchips nutzbar, bei denen die von einem Aufwachssubstrat entfernt liegende Epitaxieschicht eine unzureichende elektrische Leitfähigkeit aufweist.

#### Patentansprüche

1. Lumineszenzdiodenchip (1) mit einer auf GaN basierenden strahlungsemitierenden Epitaxieschichtenfolge (3), die eine aktive Zone (19), eine n-dotierte (4) und eine p-dotierte Schicht (5) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die p-dotierte Schicht (5) auf der

von der aktiven Zone (19) abgewandten Hauptfläche (9) mit einer auf Ag basierenden reflektierenden Kontaktmetallisierung (6) versehen ist.

2. Lumineszenzdiodenchip (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Kontaktmetallisierung (6) zumindest teilweise aus einer PtAg- und/oder PdAg-Legierung besteht.

3. Lumineszenzdiodenchip (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Kontaktmetallisierung (6) mehr als 50% der von der aktiven Zone (19) abgewandten Hauptfläche (9) der p-dotierten Schicht (5) überdeckt.

4. Lumineszenzdiodenchip (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Kontaktmetallisierung (6) die gesamte von der aktiven Zone (19) abgewandte Hauptfläche (9) der p-dotierten Schicht (5) überdeckt.

5. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Kontaktmetallisierung (6) eine strahlungsdurchlässige Kontaktschicht (15) und eine reflektierende Schicht (16) aufweist und die strahlungsdurchlässige Kontaktschicht (15) zwischen der p-dotierten Schicht (5) und der reflektierenden Schicht (16) angeordnet ist.

6. Lumineszenzdiodenchip (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (15) im Wesentlichen mindestens eines der Metalle Pt, Pd und Cr aufweist.

7. Lumineszenzdiodenchip (1) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Kontaktschicht (15) kleiner oder gleich 10 nm ist.

8. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (15) eine nicht geschlossene Schicht ist, die insbesondere eine inselartige und/oder netzartige Struktur aufweist.

9. Lumineszenzdiodenchip (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktschicht (15) im Wesentlichen Indium-Zinn-Oxid (ITO) und/oder ZnO aufweist.

10. Lumineszenzdiodenchip (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Kontaktschicht (15) größer oder gleich 10 nm ist.

11. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Kontaktmetallisierung (6) auf ihrer von der strahlungsemitierenden Epitaxieschichtenfolge (3) abgewandten Seite eine weitere Metallschicht (20) aufweist, die insbesondere im Wesentlichen Au oder Al aufweist.

12. Lumineszenzdiodenchip nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Chip (1) ausschließlich Epitaxieschichten aufweist, die n-dotierte Schicht (4) auf ihrer von der p-leitenden Schicht (5) abgewandten Hauptfläche (8) mit einer n-Kontaktschicht (7) versehen ist, die nur einen Teil dieser Hauptfläche bedeckt, und daß die Lichtauskopplung aus dem Chip (1) über den freien Bereich der Hauptfläche (8) der n-leitenden Schicht (4) und über die Chipflanken (14) erfolgt.

13. Lumineszenzdiodenbauelement mit einem Lumineszenzdiodenchip gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 12, bei dem der Chip (1) auf einer Chipmontagefläche (12) eines LED-Gehäuses (21), insbesondere auf einem Leiterrahmen (11) oder einer Leiterbahn (22) des LED-Gehäuses, montiert ist, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Kontaktmetallisierung (6)

auf der Chipmontagefläche (12) aufliegt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

